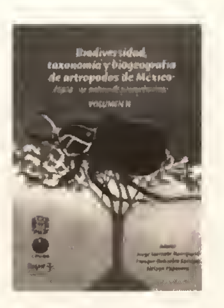


BIODIVERSIDAD, TAXONOMÍA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARTRÓPODOS DE MÉXICO: HACIA UNA SÍNTESIS DE SU CONOCIMIENTO
Pág. 15



NÚMERO ESPECIAL

AÑO 6 NÚM. 33 NOVIEMBRE DE 2000

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL P ... IENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

*CACTOBLASTIS CACTORUM**

CACTOBLASTIS CACTORUM es una palomilla cuya larva se alimenta de cactus y que se ha utilizado mundialmente para el control de varias especies invasoras de *Opuntia*. Este insecto fue introducido en Australia como un agente de control biológico de seis especies de *Opuntia* que se habían caracterizado por ser invasoras de zonas agrícolas. La Commission of Prickly Pear realizó introducciones de larvas del lepidóptero *Cactoblastis cactorum* en Australia, así como de otros agentes de control biológico como *Dactylopius opuntiae* (un hemíptero), y varios coleópteros (Julien, 1992; Mann, 1969). La primera introducción de *C. cactorum* fue realizada en 1915 con malos resultados; sin embargo, la segunda fue altamente exitosa en el control biológico de las especies de *Opuntia*. Como consecuencia de los resultados en Australia, *C. cactorum* fue introducida en otros países en donde algunas especies del género *Opuntia* se consideraban invasoras (Sudáfrica en 1933, Hawai en 1950, las Antillas en 1960; Julien, 1992). Sin embargo, a partir de la introducción deliberada de *C. cactorum* en el Caribe, las poblaciones nativas de *O. triacantha* y *O. stricta* de Nevis, Montserrat y Antigua han sido severamente afectadas. *C. cactorum* se dispersó de manera natural a islas contiguas (Haití, Bahamas e Islas Vírgenes).

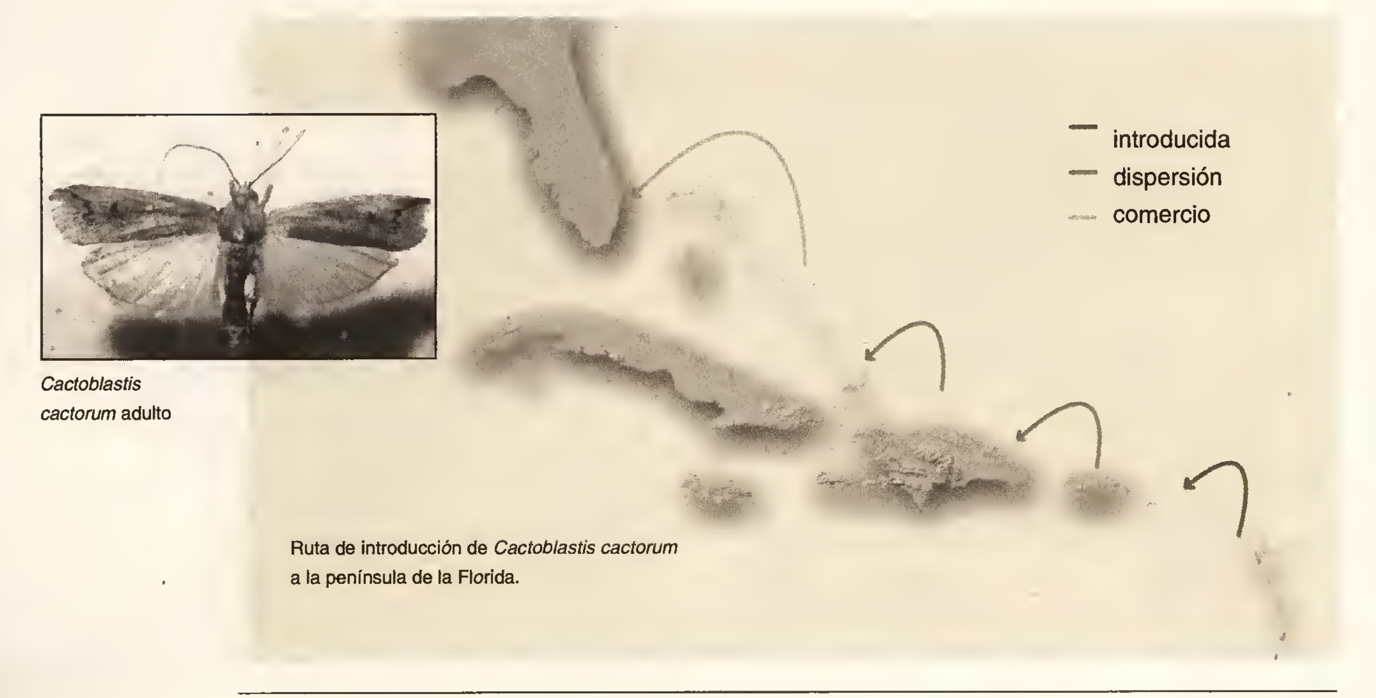
*El presente texto reune partes de los siguientes artículos: "*Cactoblastis cacturum*, una nueva plaga de *Opuntia* al acecho", de Helmuth Gunter Zimmermann y Mayra Pérez Sandi y Cuen, y "Un modelo predictivo sobre la ruta de invasión de especies exóticas: el caso de *Cactoblastis cactorum* (Berg) sobre las platyopuntias de México", de Jordan Goluvob, Jorge Soberón M. y José Sarukhán K. [N del E.]

Helmuth Gunter Zimmermann, Mayra Pérez Sandi y Cuen.
Jordan Goluvob, Jorge Soberón M. y José Sarukhán K.

CACTOBLASTIS CACTORUM, UNA NUEVA PLAGA DE MUY ALTO RIESGO PARA LAS OPUNTIAS DE MÉXICO

Pemberton (1985) ha descrito registros de invasión a América continental causados por el comercio de mercancía (tejidos de *Opuntia*) contaminada de la República Dominicana (Habeck y Bennet, 1990). La introducción de esta especie exótica en el continente ha tenido impactos negativos claros sobre *O. spinosissima* (Martyn) Miller, especie en peligro de extinción, y tiene la posibilidad de dañar a por lo menos dos especies más de *Opuntia* con poblaciones en Florida (*O. triacantha* (Willdenow) Sweet, y *O. cubensis* Britton & Rose, Johnson y Stiling, 1998). *C. cactorum* fue utilizada como control biológico de varias especies de *Opuntia* de origen norteamericano (*O. lindheimeri*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. tomentosa*, y *O. stricta*; Julien 1992) que habían sido introducidas en Australia por motivos comerciales y de explotación de grana cochinilla. La introducción de *C. cactorum* en el área de distribución natural de estas especies de *Opuntia* las hace particularmente susceptibles a ser dañadas. La presencia de *C. cactorum* aún no ha sido establecida en México; el único registro disponible corresponde a un decomiso en Estados Unidos de plantas contaminadas que provenían del sureste mexicano (Pemberton, 1995).

La invasión de *Cactoblastis cactorum* se considera como una verdadera amenaza para las poblaciones de nopal en México. Norteamérica, y México en particular, tiene más de 57 especies de *Opuntia*, algunas de las cuales se encuentran en poblaciones restringidas (p. ej., *O. bravoana* y *O. excelsa*). El género tiene una importancia económica significativa



Cactoblastis cactorum adulto

Ruta de introducción de *Cactoblastis cactorum* a la península de la Florida.



Pupa, larva y huevecillos de *Cactoblastis cactorum*

en México, ya que es una fuente fundamental de forraje, alimento humano y colorantes. Sólo en México, las poblaciones silvestres de *Opuntia* ocupan cerca de 3 000 000 hectáreas, y alrededor de 360 000 hectáreas son cultivadas para obtener forraje, fruta y nopal de consumo humano (SARH, 1990-1995; Sagar, 1995-1998).

Dado el impacto que ha tenido *C. cactorum* en las poblaciones en donde se ha liberado y su baja especificidad a hospederos, el riesgo para las poblaciones silvestres y cultivadas de *Opuntia* no puede subestimarse. El propósito de este artículo es alertar sobre los peligros que este insecto representa para México y sugerir algunas medidas de prevención.

Las polillas de la familia Phycitidae, subfamilia Phycitinae, están representadas por 18 géneros, de los cuales 10 se encuentran en Norteamérica; 9 géneros (28 especies) son consumidores de cactáceas; de éstas, sólo se sabe con certeza de ocho especies que son consumidoras de especies del subgénero *Platyopuntia*. El género *Cactoblastis* Ragonot comprende cinco especies de mariposas nocturnas de la familia nativas del norte de Argentina, Uruguay, Paraguay y el sur de Brasil.

Individuos de todas las especies del género han sido encontrados alimentándose de varias especies de *Opuntia*, por lo general aquellas asociadas al subgénero *Platyopuntia* (*O. monacantha*, *O. ficus-indica*, *O. cordobensis*, *O. brunnescens*, *O. canterai*, *O. delaetiana*, *O. bonarensis*, *O. salmiana*, *O. utkilio*, *O. discolor O. aurantiaca* y *O. retrorsa*); sin embargo, algunas especies de *Cactoblastis* se han encontrado sobre individuos de los géneros *Harrisia* (Eriocereus), *Trichocereus*, *Ehinopsis* y *Denmoza*, y en una *Cylindropuntia.*

Los huevos son ovipositados uno sobre otro para formar una especie de bastón, del cual uno de sus extremos se adhiere a la superficie del cladodio o a una espina, por lo que se asemeja a una espina de cactus. Cada masa contiene de 60 a 100 huevos. Las larvas que nacen se entierran en el cladodio, donde permanecen en forma gregaria, alimentándose alrededor de dos meses en verano y cuatro en invierno. Las larvas pasan por seis instares de crecimiento antes de pupar.

Las larvas maduras son de color naranja brillante con bandas negras (continuas o interrumpidas) a través del cuerpo y alcanzan unos 3 cm de longitud. Las larvas maduras salen de los cladodios de los que se alimentaban y tejen capullos de seda en áreas protegidas, principalmente debajo de las pencas secas o en putrefacción que se encuentran tiradas en el suelo.

Las palomillas emergen después de aproximadamente 60 a 70 días. La palomilla es de color café grisáceo y mide alrededor de 2.5 a 3 cm de expansión alar. En la ma-





El impacto del daño de C. cactorum *a la mayoría de las plantas nativas o cultivadas del género* Opuntia *en México podría ser considerable, siendo las especies pequeñas las más vulnerables*

yoría de los países donde *C. cactorum* se introdujo pasa por dos (rara vez tres) generaciones bien definidas por año. En Sudamérica, las larvas de *C. cactorum* son atacadas por diversos parasitoides, de los cuales *Apanteles alexanderi* (Braconidae) es el más importante. Otros cinco parasitoides de Sudamérica han sido registrados por Zimmermann *et al.* (1979).

El daño es causado por todos los estadíos larvarios, ya que consume ávidamente los tejidos internos del nopal. Una sola colonia de larvas puede consumir de dos a cuatro pencas, causando putrefacción y decaimiento. El amarillamiento y transparencia de las pencas infestadas, así como el excremento que es empujado al exterior a través de pequeños orificios, son señales de infestación. Las pencas terminales y subterminales son las más afectadas.

Los troncos leñosos son generalmente evitados, lo que explica por qué las plantas más tiernas y suculentas son las más vulnerables al ataque. Las especies pequeñas o las etapas tiernas de las *Opuntia* leñosas son por lo tanto especialmente vulnerables a ser comidas por las larvas. Los cladodios infestados se desecan y permanecen secos y huecos como conchas en las plantas, o en el suelo debajo de éstas. La aparición de una masa de huevecillos en los cladodios en determinadas épocas del año es otro claro signo de infestación.

Las infestaciones de pencas con larvas de *C. cactorum* pueden ser confundidas con otras infestaciones causadas por lepidópteros nativos gregarios (las larvas son gregarias solamente en los primeros estadíos) y cactófagos, incluyendo *Olycella* spp. (Phycitidae), *Melitaria* spp. (Phycitidae) y *Megastes* spp. (Phyraustidae). La mayoría de estas especies forman colonias más pequeñas que *C. cactorum*, y el daño que causan es de menor grado. La longitud de la masa de huevecillos y la identificación larval sigue siendo el mejor medio para distinguir a *C. cactorum* de especies nativas similares.

El impacto del daño de *C. cactorum* a la mayoría de las plantas nativas o cultivadas del género *Opuntia* en México podría ser considerable, siendo las especies pequeñas las más vulnerables. En Florida el insecto está actualmente atacando una especie rara de *Opuntia* y se teme que otras especies nativas y raras puedan estar amenazadas si no se frena el avance del insecto.

Las rutas posibles de introducción de *C. cactorum* a México son:
1. Las palomillas son excelentes voladoras y, por lo tanto, capaces de migrar en forma natural de Florida a través de los estados vecinos hacia el norte de México. *C. cactorum* ya migró de los cayos de Florida al continente, donde continúa extendiéndose. El USDA-ARS (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service) ha investigado la posibilidad de utilizar un entomopatógeno específico (*Nosema* sp.) en su control biológico, sin resultados positivos. Hasta ahora ha sido imposible erradicar a *C. cactorum* de Florida. No se sabe cuánto le va tomar al insecto llegar a México por esta ruta.
2. Como ya se mencionó, los países del Caribe ya tienen fuertes infestaciones de *C. cactorum* en *Opuntia* nativas e introducidas: Puerto Rico, Antigua, Nevis, St. Kitts, Montserrat, Bahamas y la República Dominicana. Cualquier embarque que contenga plantas de esos países puede considerarse como de alto riesgo por la gran posibilidad de estar infestado con *C. cactorum.* De 1981 a 1986 hubo 13 intercepciones de larvas de *C. cactorum* en Miami. Las larvas fueron encontradas en un vivero comercial en Florida dentro de cladodios de *Opuntia* originarios de un proveedor de la República Dominicana perteneciente a.
3. La mayoría de las 300 000 plantas de *Opuntia* que llegaron a Miami, procedentes de la República Dominicana, cada año durante los años ochenta, arribaron por mar. Un embarque en un vuelo México-



Miami también fue interceptado en 1992 porque contenía material infestado con *C. cactorum*. Probablemente ese embarque no se originó en México sino en algún otro país. Si *C. cactorum* estuviera presente en México desde 1992 ya se habría descubierto.

La importación de plantas infestadas es la vía más probable de introducción de *C. cactorum* a México. Es muy poco probable, más no imposible, que el insecto se desplace naturalmente por aire desde alguna de las islas antes mencionadas. Sin embargo, con la gran cantidad de plantas cultivadas en México, estas posibilidades se incrementan en forma considerable; el nopal *O. ficus-indica* y sus frutos son intensivamente cultivados en México y sería la primera afectada.

Los usos múltiples de la planta y su papel central en la cultura y costumbres de la nación le da un estatus especial en México. Además de *O. ficus-indica*, muchas otras variedades nativas se pueden ver amenazadas si *C. cactorum* se llegara a establecer en México. Aunque se puede esperar que algunos de los parasitoides nativos de cactófagos phycítidos ejerzan cierto control sobre *C. cactorum*, será difícil que puedan evitar que se convierta en una plaga seria. El insecto ya ha alcanzado el nivel de plaga importante de cactus y de cultivos de nopal en Argentina, a pesar de la presencia de varios de sus parasitoides.

Alertar a todos los servicios de aduanas y fitosanitarios en todos los puertos principales de entrada, en particular los de la costa este, es probablemente la mejor manera de prevenir la introducción de *C. cactorum* a México. Esto va a requerir



Larva madura de *Cactoblastis cactorum*



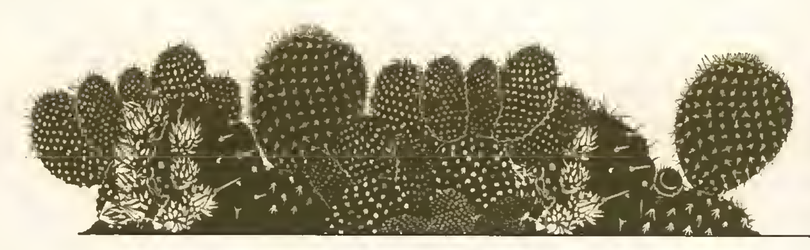


Cactoblastis cactorum
adulto

un buen programa de adiestramiento que asegure la fácil identificación del insecto y de los daños que causa. Un control más estricto de todas las plantas de la familia de las cactáceas también puede prevenir la introducción accidental de *C. cactorum*, tanto de América del Sur como del Caribe. El monitoreo constante de la migración de la plaga de Florida hacia el oeste puede permitir predecir las oportunidades y momentos en que se espere la llegada de la plaga a México. Es importante cooperar con los entomólogos del USDA para restringir a *C. cactorum* en Florida y con ello prevenir o retrasar su introducción a México.

Todos los investigadores involucrados en la producción de tuna en México deberán ser informados de los peligros de *C. cactorum* y estar bien adierstrados para facilitar la identificación de la larva y de sus daños. En el caso de que *C. cactorum* se estableciera en México, un programa de erradicación sería efectivo sólo si la infestación fuera pequeña y pudiera ser contenida; de ahí la importancia de una pronta campaña de detección y concientización.

C. cactorum está ampliando su dieta a muchos de las especies de *Opuntia*; ésta es en parte la razón por la que se ha vuelto tan destructivo en nuevas asociaciones. Esto también subraya el potencial del insecto para establecerse en muchas *Opuntia* nativas de México. El hecho de que el insecto haya contribuido sustancialmente al exitoso control de algunas especies de *Opuntia* dañinas en tantos países es un indicativo de la extensión del daño que se puede esperar si el insecto llega a México. El mayor éxito en cuanto a control biológico fue logrado en Australia, donde contribuyó al control de alrededor de 13 millones de hectáreas de tierra invadida por *O. stricta*. Los atributos útiles del insecto pueden revertirse si llega a México, donde puede afectar una gran cantidad de especies autóctonas y cultivadas. Los productores de tuna en México difícilmente podrán enfrentar los costos para controlar una plaga de esta naturaleza. Su arribo a México también causaría un daño considerable al buen historial que hasta ahora lleva el control biológico de plagas a nivel mundial. Existen muchas publicaciones científicas sobre *C. cactorum* que pueden ser consultadas y utilizadas para un mayor conocimiento sobre el comportamiento de este peligro inminente ¡ALERTA, MÉXICO!



UN MODELO PREDICTIVO SOBRE LA RUTA DE INVASIÓN DE *CACTOBLASTIS CACTORUM*



Regiones en América con alta similitud a las localidades de origen de *C. cactorum* en Argentina, con base en el análisis de componentes principales sobre 36 variables climáticas (Programa FloraMap).

Los daños potenciales y el sistema de detección temprana (SDT)

En esta sección se va a describir la metodología empleada para predecir la invasión de *C. cactorum* en México y los resultados obtenidos.

Para determinar los atributos ambientales que caracterizan el hábitat de *C. cactorum* en Argentina se utilizó el programa FloraMap. Este programa utiliza una base de datos de 36 variables climáticas (12 temperaturas mensuales promedio, doce precipitaciones mensuales, y doce rangos de temperatura máxima a mínima) y un método de análisis de componentes principales (ACP) de estas variables medidas en una nube de puntos (las coordenadas geográficas de localidades conocidas de la especie de interés). El programa utiliza los ejes principales para ajustar una distribución de probabilidades de pertenencia y después localiza en el mapa áreas terrestres con condiciones ambientales similares.

En otras palabras, el programa busca sitios "similares", en el sentido descrito arriba, a las localidades de origen del organismo de interés. FloraMap tiene un "pixel" (elemento mínimo de resolución espacial) de 16 km de lado. Si bien esta resolución es un tanto grosera, FloraMap tiene la ventaja de proporcionar una cobertura, a esta resolución, para todo el continente americano (con excepción de Canadá).

Mediante una visita a la colección de insectos del Instituto Smithsoniano se obtuvieron siete localidades donde *C. cactorum* había sido colectado e identificado (Fig. 2). Usamos la temperatura (n = 12) y precipitación (n = 12) promedio por mes, y la diferencia entre las temperaturas superior e inferior (n = 12) como variables indicadoras de las condiciones ambientales favorables para el establecimiento de *C. cactorum*.

Para obtener los mapas de distribución de las especies de *Opuntia* se utilizó el programa GARP (Genetic Algorithm for Rule set Prediction) ver. 1.0. Los modelos con GARP usaron la temperatura promedio anual, la insolación potencial, la precipitación pluvial total anual, así como la elevación, el aspecto y la pendiente del territorio como variables de entrada para predecir la distribución de especies de *Opuntia*. Se usó GARP en lugar de FloraMap porque el algoritmo GARP cuenta, para el caso de México, con coberturas con una resolución de 4.4 km de lado.

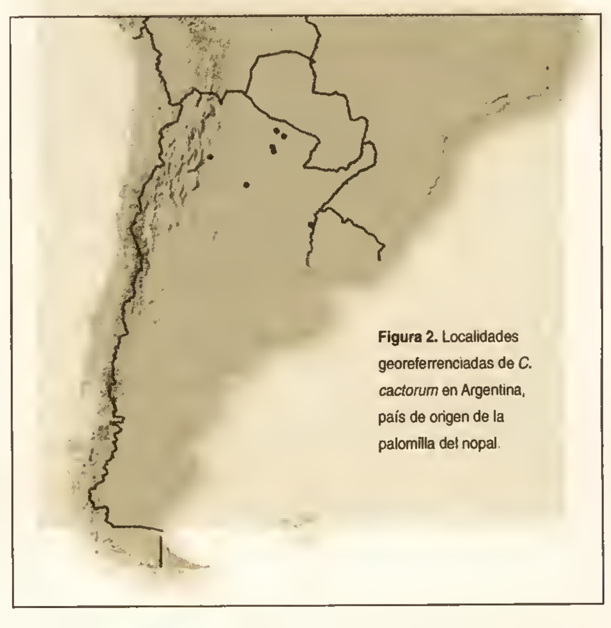


Figura 2. Localidades georeferenciadas de *C. cactorum* en Argentina, país de origen de la palomilla del nopal.



Figura 3 A



De izquierda a derecha:Plantación de nopal en Morelos

© Fulvio Eccardi

Huevecillos y pupa de *C. cactorum*

© Mayra Perez Sandi

Los valores de distribución del subgénero *Platyopuntia* fueron determinados utilizando las bases de datos de 35 proyectos de la CONABIO, complementadas por las colecciones botánicas del Instituto de Biología de la UNAM (MEXU), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), la California Academy of Sciences (CAS) y el Herbario del Museo de Historia Natural de San Diego (SD). Las especies que tenían menos de tres puntos geográficos fueron eliminadas (n = 11 especies) del análisis, ya que no proporcionan suficiente información acerca de la variabilidad ambiental del hábitat de la especie.

Para obtener aproximaciones a las áreas de distribución de cada especie, cada predicción de área de similitud ecológica (el resultado del GARP) fue después "recortada" para eliminar la parte climáticamente similar, pero que estuviera fuera de las ecorregiones (definidas por geoformas y tipos de vegetación), donde se ha observado la especie. El mapa resultante para cada especie de *Opuntia*, definido por diversas variables ambientales y variables de tipo vegetacional y de geoformas, se considera una aproximación al área de distribución de esa especie. El resultado final se obtiene superponiendo todas las especies de *Opuntia*, para obtener mapas de número de especies.

El riesgo de daño por *C. cactorum* se determinó de acuerdo con los siguientes criterios: criterio A: especies de *Opuntia* que se encuentran en México, y que han sido reportadas como utilizadas por *Cactoblastis.* criterio B: especies de *Opuntia* emparentadas taxonómicamente (pertenecientes a la misma serie, de acuerdo con Bravo-Hollis,



Figura 3 B

Daño potencial a las especies reportadas como hospederas de la palomilla del nopal, o sus parientes muy cercanos. En color se muestran regiones de riqueza de especies de *Opuntia* calculadas superponiendo distribuciones individuales (algoritmo GARP sobre seis variables climáticas y fisiográficas). El tono oscuro indica la mayor riqueza de especies. Las líneas en gris muestran la probabilidad de que el clima pertenezca a la misma distribución que el de las localidades originales de *C. cactorum* en Argentina (gris oscuro = P > 0.8 y gris claro = P < 0.08). (utilizando FloraMap). La figure A) se construyó utilizando el criterio de alto riesgo para *Opuntia*, y la B) con el criterio de mediano riesgo de *Opuntia*.

Palomilla desovando sobre una penca de nopal

Planta de *Opuntia* después de cuatro meses de infección por *C. cactorum*.

© Mayra Perez Sandi

1978) a las reportadas como hospederas; y criterio C: el daño potencial a todas las *Platyopuntia* de México para las cuales se contaba con datos para extrapolar su área de distribución (45 especies). Se utilizaron 1 124 datos para obtener las distribuciones de especies del subgénero *Platyopuntia*, que correspondieron a las 45 especies que fueron utilizadas para el análisis.

Resultados

En México se encuentran especies del subgénero *Platyopuntia* en todo el territorio; sin embargo, las zonas de alta riqueza de especies son fundamentalmente cuatro: 1) Baja California; 2) la zona central del país; 3) la zona de Puebla y Oaxaca, y 4) Yucatán. Las zonas con alta similitud ambiental con las de *Cactoblastis cactorum* se encuentran desplazadas hacia el norte, concentrándose en la porción sur del desierto chihuahuense, y en el desierto sonorense, en la zona de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.

Tomando en cuenta las especies más críticas de *Opuntia* (criterio A), las zonas en riesgo se encuentran en Tamaulipas, norte de Hidalgo y Zacatecas (Fig. 3A). Las zonas de menor riesgo (criterio B) están asociadas al altiplano potosino-zacatecano, Tamaulipas y Nuevo León (Fig. 3B) Las rutas de invasión proyectadas por el modelo sugieren que las especies vector de *C. cactorum* (*O. lindheimeri*, *O. stricta* y *O. ficus-indica*) se encuentran sobrepuestas sobre las áreas susceptibles a ser invadidas por *C. cactorum* distribuidas en la zona norte y delimitadas al este de la Sierra Madre Oriental. Estas especies posiblemente funcionen como



Figura 4. Daño potencial sobre las especies de *Opuntia* (*Platyopuntia*) de México. En color se muestran las regiones de riqueza de especies de *Opuntia* calculadas superponiendo distribuciones individuales (algoritmo GARP sobre seis variables climáticas y fisiográficas). El tono oscuro indica la mayor riqueza de especies. Las líneas en gris muestran la probabilidad de que el clima pertenezca a la misma distribución que el de las localidades originales de *C. cactorum* en Argentina (gris oscuro = P > 0.8 y gris claro = P < 0.08) (utilizendo FloraMap).

Vectores de invasión

Hay dos posibles vectores de invasión: agentes comerciales (tráfico de cladodios infestados) y dispersión natural de la especie. La introducción de *C. cactorum* a los Estados Unidos ha sido atribuida a una invasión de tipo comercial por tejido contaminado de larvas que fueron importadas por viveristas (Pemberton, 1995). Como la especie no ha sido documentada para México, los vectores de invasión no pueden ser determinados con exactitud; sin embargo, la causa más probable de invasión puede ser atribuible a introducciones naturales o accidentales, ya que el comercio de estas especies con países fuente de polilla es escaso. La probabilidad de invasión natural puede ser desde Florida por América continental, o por dispersión, vía el Caribe.

vectores para introducirlos a las áreas de mayor diversidad de *Opuntia*), sugiriendo una ruta de invasión concentrada en la zona centro del país (San Luis Potosí, Quéretaro, Zacatecas, Tamaulipas y Nuevo León). El daño potencial de *C. cactorum* a las especies de *Platyopuntia* del país incluyen zonas de Sonora y Baja California, Yucatán, Puebla-Veracruz, el altiplano potosino-zacatecano y el sur del desierto chihuahuense (Fig. 4).

Conclusiones y lecciones aprendidas

La posible introducción de la palomilla del nopal a México tiene el potencial de convertirse en una catástrofe económica, social y ecológica. La detección temprana del peligro fue posible gracias a la existencia de redes informales de comunicación, por Internet, del Departamento de Agricultura del gobierno de los Estados Unidos y CABI, y de expertos internacionales que entraron en contacto con mexicanos involucrados en el uso sustentable de productos del nopal (Mayra Pérez Sandi). El Mecanismo Habilitador (CHM) del Convenio sobre la Diversidad Biológica debería desempeñar un papel más activo

en este tipo de alertas tempranas.

El análisis de las posibles rutas de invasión de la palomilla, así como el de las zonas de más alta vulnerabilidad para México, estuvo basado casi enteramente en la disponibilidad de datos de herbario y museo, muchísimos de los cuales se encuentran fuera del país. Es solamente gracias al trabajo que ha venido realizando la CONABIO para repatriar información, que los datos, los contactos en museos extranjeros, y la capacidad para analizarlos rápidamente existe en México. El CBD debe acelerar y fortalecer iniciativas tales como el CHM y la Iniciativa Global sobre Taxonomía para lograr que la capacidad para detectar tempranamente y realizar estudios prospectivos sea ampliamente compartida por los países en vías de desarrollo.

Finalmente, México está a punto de solicitar apoyo técnico a la FAO para realizar estudios de campo y extensionismo sobre el problema de la palomilla del nopal. Este proyecto se someterá a evaluación de la FAO bajo las partes pertinentes de la Estrategia Nacional de Biodiversidad de México. Este proyecto demostrará la posibilidad de sinergia entre diferentes instituciones internacionales.



Larvas maduras de *C. cactorum*

Evaluación y actividades de monitoreo

La distribución del género *Opuntia* en México favorece la expansión de *C. cactorum* del norte al sur de México, con condiciones locales en las poblaciones del norte, favoreciendo el crecimiento de *C. cactorum*. El peligro de *C. cactorum* radica en el hecho de no tener hospederos específicos y ha sido utilizado en un amplio rango de especies de *Opuntia* con éxitos similares (Johnson y Stiling, 1996, Zimmerman *et al.*, en prensa). Este hecho hace que *C. cactorum* sea muy exitosa para invadir otros hospederos potenciales de *Opuntia*, especialmente en las zonas de nopaleras de México y el sudoeste de los Estados Unidos.

Total de especies de *Opuntia* incluidas en este estudio. La determinación taxonómica se hizo de acuerdo con Bravo *et al.*, (1978) y Bravo y Sánchez-Mejorada (1991). A- Especies de *Opuntia* introducidas en Australia y otros países que han sido afectadas por *C. cactorum.* B- Posiblemente afectadas por *C. cactorum.*

		A	B
Opuntia	*amyclaea*		X
Opuntia	*atrispina*		
Opuntia	*atropes*		
Opuntia	*azurea*		
Opuntia	*bensonii*		X
Opuntia	*bravoana*		
Opuntia	*cantabrigiensis*		X
Opuntia	*chavena*		X
Opuntia	*chlorotica*		X
Opuntia	*decumbens*		
Opuntia	*depressa*		
Opuntia	*durangensis*		
Opuntia	*engelmanii*		X
Opuntia	*excelsa*		
Opuntia	*ficus-indica*	X	
Opuntia	*fuliginosa*		
Opuntia	*guilanchi*		X
Opuntia	*huajuapensis*		
Opuntia	*hyptiacantha*		X
Opuntia	*jaliscana*		
Opuntia	*joconostle*		X
Opuntia	*lagunae*		
Opuntia	*lasiacantha*		X
Opuntia	*leucotricha*		
Opuntia	*lindheimeri*	X	
Opuntia	*littoralis*		X
Opuntia	*macrocalyx*		
Opuntia	*macrorhiza*	X	
Opuntia	*megacantha*	X	
Opuntia	*megarhiza*		X
Opuntia	*microdasys*		
Opuntia	*neochrysacantha*		X
Opuntia	*oricola*		X
Opuntia	*pachona*		X
Opuntia	*phaeacantha*		
Opuntia	*pilifera*		
Opuntia	*puberula*		
Opuntia	*pubescens*		
Opuntia	*aff pubescens*		
Opuntia	*pycnantha*		
Opuntia	*rastrera*		
Opuntia	*rileyi*		X
Opuntia	*robusta*		
Opuntia	*rufida*		
Opuntia	*spinulifera*	X	
Opuntia	*spraguei*		X
Opuntia	*streptacantha*	X	
Opuntia	*stricta*	X	
Opuntia	*tapona*		
Opuntia	*tehuantapecana*		X
Opuntia	*tomentosa*	X	
Opuntia	*undulata*		X
Opuntia	*velutina*		
Opuntia	*violacea*		
Opuntia	*wilcoxii*		
Total	**56**	**8**	**19**

Larva de *C. cactorum*



Agradecimientos

Queremos agradecer a Gabriela Jiménez y Georgina García Méndez su ayuda en la obtención de localidades de *Opuntia* en los herbarios de México y de superficies GARP para las *Opuntia* de México. Los doctores Jon Rebman y Exequiel Ezcurra, del Herbario del Museo de Historia Natural de San Diego, generosamente contribuyeron con los datos sobre *Opuntia* existentes en esa colección, así como con comentarios sobre especies dudosas. El doctor Héctor Hernández nos facilitó una copia de la información sobre *Opuntia* existentes en la base de datos compilada por él, y nos proporcionó amplia asesoría sobre localidades dudosas. Los doctores Robert Robbins y Alma Solís nos proporcionaron acceso a la colección de insectos del museo Smithsoniano, así como bibliografía sobre el tema. El personal de la CONABIO en el área de GIS se encargó de realizar los análisis necesarios para obtener las coberturas superpuestas de *Opuntia*. Patricia Feria, de la CONABIO, participó también en la modelación GARP. Mayra Pérez Sandi nos proporcionó amablemente literatura sobre el tema.

Bibliografía

Annecke, D.P. y V.C. Moran. Critical reviews of biological pest control in South Africa. 2. The prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (l) Miller. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa.* 41(2), 161-188, 1978.

Britton and Rose. *The Cactaceae.* Dover Publications Inc., Nueva York, 1923.

Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. *Las cactáceas de México.* Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1978.

Denill, G.B. y V.C. Moran. On insect-plant associations in agriculture and the selection of agents for weed biocontrol. *Annals of Applied Biology,* 114, 157-166, 1989.

Dodd, A.P. The biological campaign against the prickly-pear. Commonwealth Prickly-Pear Board. Brisbane, 1940.

Fullaway, D.T. Biological control of cactus in Hawaii. *Journal of Economic Entomology.* 47, 696-700, 1954.

Greathead, D.J. A review of biological control in the Ethiopian region. *Technical Communication, Commonwealth Institute of Biological Control* No. 5, 1-162, 1971.

Habeck, D.H., y F.D. Bennet. *Cactoblastis cactorum* Berg (Lepidoptera: Pyralidae), a Phycitine new to Florida. *Fla. Dep. Agric. Consum. Serv. Div. Plant. Ind. Entomolo. Circ.* 333, 1990.

Heinrich, C. The cactus-feeding phycitinae: A contribution toward a revision of the American pyralidoid moths of the family Phycitidae. *Proceedings from the United States National Museum* No. 3053. Vol. 86: 331-413, 1939.

Hoffmann, W. Soziokulturelle und wirtschaftssoziologische Implikationen modernisierender Innovationen in der wirtschaftlichen Nutzung von Kakteen, untersucht am Beispiel des Opuntien-Anbaus im zentralmexikanischen Hochland. *Giessener Schriften zur Wirtschafts- und Regionalsoziologie. Giessen,* Heft 9. 1-228, 1983.

Johnson, D. M. y P. D. Stiling. Host specificity of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), and exotic *Opuntia*-feeding moth, in Florida. *Environmental Entomology* 25: 743-748, 1996.

Johnson, D.M. y P.D. Stiling. Distribution and dispersal of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), an exotic *Opuntia*-feeding moth, in Florida. *Florida Entomologist* 81: 12-22, 1998.

Jones, P.G. y A. Gladkov. FloraMap Vers. 1. A computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the wild. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT CD-ROOM Series, Cali, 1999.

Julien, M.H. *Biological control of*



Larvas maduras de *C. cactorum*

weeds: A world catalogue of agents and their target weeds. CABI, Wallingford, 1992.

Julien, M.H. y Griffiths, M.W. (Eds). *Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their target weeds.* Fourth Edition. CABI Publishing. 1-223, 1998.

Mann, J. *Cactus-feeding insects and mites.* Smithsonian Institution, United States National Museum Bulletin No. 256. Washington, DC., 1969.

McFayden, R.E. Larval characteristics of *Cactoblastis* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and the selection of species for biological control of prickly pears (*Opuntia* spp.). *Bulletin of Entomological Research* 75: 159-168, 1985.

Moran. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. *Ecological Entomology* 5, 153-164, 1980.

Moran, V.C. y H.G. Zimmermann. The biological control of cactus weeds: Achievements and prospects. *Biocontrol News and Information* 5(4), 297-320, 1984.

Myers, J.H., J. Monro y N. Murray. Egg clumping, host plant selection and population regulation in *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera). *Oecologia* 51: 7-13, 1981.

Pemberton, R. W. *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in the United States: An immigrant biological control agent or an introduction of the nursery industry. *American Entomologist* 41: 230-232, 1995.

Pettey, F.W. The biological control of prickly-pear in South Africa. *Science Bulletin, Department of Agriculture of the Union of South Africa* 271:1-163, 1948.

Robertson, H.G. Oviposition site selection in *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera): Constraints and compromises. *Oecologia* 73: 601-608, 1987.

Robertson, H.G. y J.H. Hoffman. Mortality and life-tables of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera:Pyralidae) compared on two host-plant species. *Bulletin of Entomological Research* 79: 7-17, 1989.

SARH. *Anuario estadístico de la agricultura en México.* Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, 1990-1995.

SAGAR. *Anuatrio estadístico de la agricultura en México.* Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, 1995-1998.

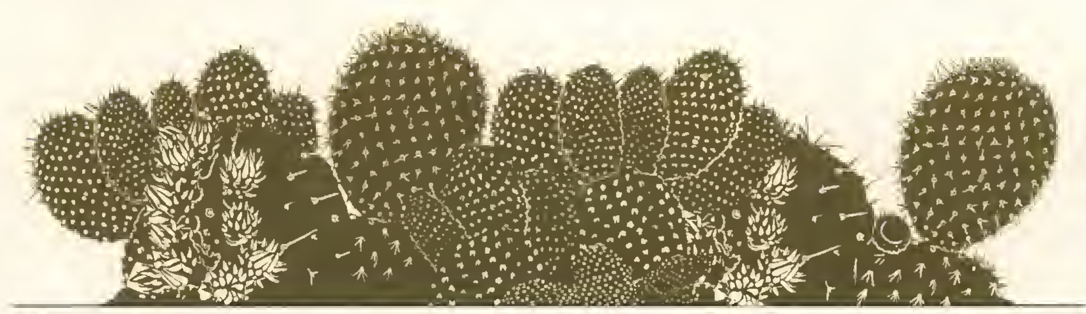
Stockwell, D.R.B. y I.R. Noble. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 32: 249-254, 1991.

Stockwell, D.R.B. y D. Peters. The GARP modeling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13: 143-158, 1999.

Zimmerman, H.G., V.C. Moran y J.H. Hoffmann. The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum*: Its natural history and threat to native *Opuntia* floras in Mexico and the United States of America. *Diversity and Distribution.* (En prensa).

Zimmermann, H.G. y D.F. Malan. The role of imported natural enemies in suppressing re-growth of prickly pear, *Opuntia ficus-indica*, in South Africa. *Proceedings of the Fifth International Symposium on Biological Control of Weeds.* Brisbane 1980, 375-381, 1981.

Zimmermann, H.G., H.E. Erb y R.E. McFadyen. Annotated list of some cactus-feeding insects of South America. *Acta Zoologica Lilloana* 32:2. 101-112, 1979.



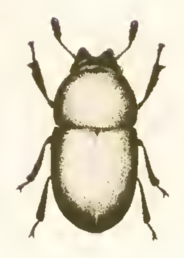
BIODIVERSIDAD, TAXONOMÍA Y BIOGEOGRAFÍA DE ARTRÓPODOS DE MÉXICO:
HACIA UNA SÍNTESIS DE SU CONOCIMIENTO



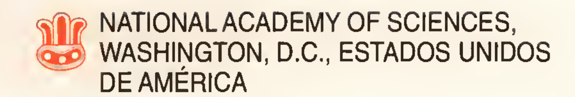
El pasado mes de abril se publicó el segundo volumen del libro *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* Este volumen constituye el segundo de tres libros en los que se presenta una síntesis de la diversidad de artrópodos de nuestro país, así como del conocimiento que se ha alcanzado sobre este importante grupo de invertebrados.

Los editores de la obra son Jorge Llorente Bousquets, Enrique González Soriano y Nelson Papavero, quienes con el apoyo de la UNAM, la Conabio y Bayer de México nos presentan un libro de 676 páginas con ilustraciones y fotografías en blanco y negro.

En este segundo volumen se incluye el estudio de 36 grupos de nivel clase, órden, familia y género. Los interesados en el tema encontrarán en él la síntesis de dos ordenes de Arachnida: Scorpiones y Opiliones; nueve órdenes y superórdenes de Crustacea; dos clases de Hexapoda y diez órdenes de insectos, todos ellos tratados por especialistas en cada grupo. En los primeros dos capítulos se incluyen el estudio de algunos aspectos generales de importancia para el estudio de la biodiversidad de México, como son la evolución tectónica y la regionalización biogeográfica del país. En el capítulo tres, Carlos Cordero y Jorge Llorente presentan un análisis comparativo de las aportaciones contenidas en este volumen, así como algunas datos cuantitativos muy interesantes sobre el conocimiento actual de la biodiversidad de artrópodos de México. Mencionan, por ejemplo, que en los dos volúmenes publicados hasta hoy, se registran un total de 28 784 especies de arácnidos e insectos, que equivalen a entre 4.1 y 9.6% de las especies estimadas para el país. Sólo una muestra de la enorme diversidad que hay en México y del enorme trabajo que falta por realizar.







NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, WASHINGTON, D.C., ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

National Conference on Science, Policy and the Environment, Estados Unidos de América

Del 7 al 8 de diciembre de 2000

Informes:Correo e: cnie@cnie.org Web: http://www.cnie.org/ncseconference.htm



CORTE INTERNACIONAL DE ARBITRAJE Y CONCILIACION AMBIENTAL

Congreso Mundial de Derecho Ambiental, San José de Costa Rica, Costa Rica

Del 8 al 12 de enero de 2001

Informes: Sr. Ramón Ojeda, secretario general
Tel.: 34 943 27 88 88
Fax: 34 943 27 88 88
Correo e: ciacaciv@sarenet.es
Web: http://www.grenchannel.com/iceac



DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

International Workshop of Experts on Financing Sustainable Forest Management, Oslo, Noruega

Del 22 al 25 de enero de 2001

Informes: Ms. JoAnne DiSano, Director
Division for Sustainable Development, United Nations
Tel.: 1 212 963 3401 /3160
Fax: 1 212 963 3463
Correo e: maini@un.org
Web: http:///www.un.org/esa/sustdev/iffi ac.htm



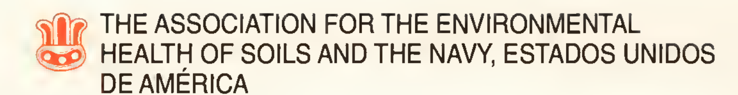
CENTRO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS (CIP) Y SOCIEDAD INTERNACIONAL DE MODELOS ECOLÓGICOS, CUBA

Curso Ecología y Manejo de Recursos Naturales: Análisis de Sistemas y Simulación. La Habana, Cuba

Del 16 al 20 de abril del 2001

Coordinador: Dr. William Grant, Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A&M University, College Station, TX 77843 USA.

Informes: M.C. Gustavo Arencibia Carballo, organizador local.
5ta. Ave y 248, Jaimanitas, La Habana, Cuba.
Fax: (537) 24-9827
Tel. (537) 29 71 07
Correo e: gustavo@cip.fishnavy.inf.cu



THE ASSOCIATION FOR THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF SOILS AND THE NAVY, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

11th Annual West Coast Conference on Contaminated Soils, Sediments and Water, San Diego, California

Del 19 al 22 de marzo de 2001

DoubleTree Hotel, San Diego, California
Informes: Marc Nascarella
Tel.: 413-549-5170
Correo e: marc@aehs.com



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO es una comisión intersecretarial dedicada a coordinar y establecer un sistema de inventarios biológicos del país, promover proyectos de uso de los recursos naturales que conserven la diversidad biológica y difundir en los ámbitos nacional y regional el conocimiento sobre la riqueza biológica del país y sus formas de uso y aprovechamiento.

SECRETARIA TÉCNICA: Julia Carabias Lillo — COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero — DIRECTOR DE SERVICIOS EXTERNOS: Hesiquio Benítez Díaz



COORDINADOR: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
CORREO E: biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real — PRODUCCIÓN: BioGraphica
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9125, http://www.conabio.gob.mx
Registro en trámite